

DOCUMENTO N°1 MEMORIA

ANEJO X. DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES. VIARIOS

Contenido

1. Introducción 3

2. Dimensionamiento de la red..... 3

 2.1. Caudal de referencia..... 3

 2.2. Coeficiente de escorrentía C 3

 2.3. Cálculo de la intensidad media de precipitación “I_t” 5

 2.4. Cálculo del área de la superficie drenada..... 5

 2.5. Cálculo del caudal de referencia Q 6

 2.6. Diseño del drenaje 6

3. Dimensionamiento hidráulico 8

 3.1. Comprobación de la velocidad..... 9

 3.2. Cálculo de la velocidad para colectores circulares. 9

4. DIMENSIONAMIENTO MECÁNICO 10

 4.1. Materiales y calidades a emplear en conductos enterrados 10

 4.2. Tipología de las zanjas..... 10

5. CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS. 11

 5.1. Tipos de conducciones 11

 5.2. Diámetros 11

 5.3. Juntas 11

1. Introducción

El presente anejo tiene por objeto dimensionar una red de aguas pluviales del nuevo proyecto de viales y espacios públicos. Para ello nos apoyaremos en la Instrucción 5.2-IC de Drenaje superficial y en la “Normativa para obras de saneamiento de la ciudad de Valencia” (año 2004) proporcionado por el ayuntamiento de Valencia.

2. Dimensionamiento de la red

Cuando el agua caiga sobre la calzada y las aceras, la pendiente transversal de tal manera que el agua recorrerá la superficie hasta los imbornales, que se encontrarán en el contorno de los viales y confluirán en unos nuevos colectores.

A continuación, se procede a calcular el drenaje de la pasarela mediante los siguientes pasos:

2.1.Caudal de referencia

Basándonos en un cálculo usando el método hidrometeorológico, el caudal de referencia o de cálculo Q es aquel estimado que será necesario desaguar, y viene dado por la siguiente expresión:

$$Q= C*A*IT /K$$

Donde:

C-Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o zona drenada.

A-Área para la que se dimensiona el drenaje en m2.

IT-Intensidad media de precipitación correspondiente a un período de retorno de 25 años y a un intervalo igual al tiempo de concentración T, en mm/h.

K-Coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento de 20% en Q para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación. Su valor viene dado por la siguiente tabla:

VALORES DE K

Q en	A en		
	Km²	Ha	m²
m³/s	3	300	3.000.000
l/s	0,003	0,3	3.000

Tabla 1. Valores coeficiente K

En nuestro caso elegiremos 3000, considerando un caudal en l/s y m2.

2.2.Coeficiente de escorrentía C

$$C = \frac{[(P_d/P_0) - 1][(P_d/P_0) + 23]}{[(P_d/P_0) + 11]^2}$$

Donde,

- » Pd: precipitación total diaria, correspondiente al período de retorno considerado, en mm.
- » P0: umbral de escorrentía, en mm.

En primer lugar, se determina la precipitación total diaria Pd para un período de retorno de 25 años, siguiendo la metodología propuesta en la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” (Ministerio de Fomento DGC). Se realiza el cálculo para la ciudad de Valencia. Se obtiene sucesivamente:

- » Coeficiente de variación Cv=0,51
- » Factor de amplificación Yt=2,068

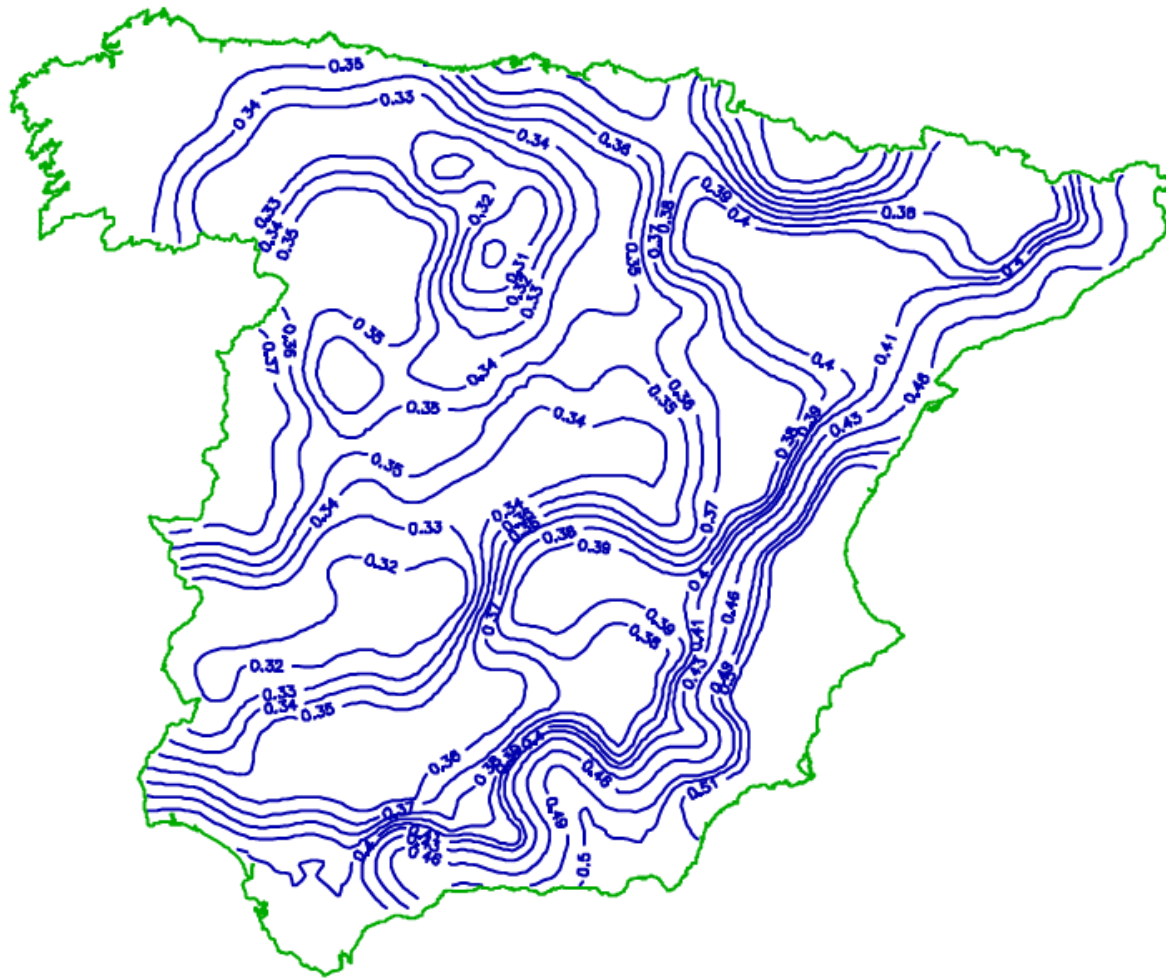


Imagen 1. Isolíneas del valor regional del coeficiente de variación C_v

- » Valor medio de la máxima precipitación diaria anual $P=77,5$ mm/día
- » Precipitación total diaria $P_d=Y_tP=160,27$ mm/día

A continuación, se determina el umbral de escorrentía P_0 . Por tratarse de un pavimento urbano se emplea $P_0=1$ mm. A este umbral de escorrentía hay que aplicarle un coeficiente corrector de valor 3.



Fig. 2.5. MAPA DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

Z

Imagen 2. Mapa del coeficiente corrector del umbral de escorrentía

A partir de estos resultados se obtiene el coeficiente de escorrentía $C=0,9951$.

De aquí en adelante calcularemos los datos dividiendo el trazado en tramos dado que la anchura y la longitud de las calles no es la misma, y por tanto el área no lo será tampoco. Los tramos serán:

- Tramo 1, Entrada Gola del Perellonet
- Tramo 2, Calle Timón
- Tramo 3, Calle Barlovento 1
- Tramo 4, Grupo Pescadores 1
- Tramo 5, Grupo Pescadores 2
- Tramo 6, Marqués de Vallterra
- Tramo 7, Calle Barlovento 2
- Tramo 8, Calle Sotavento (peatonal)
- Tramo 9, Calle Sotavento
- Tramo 10, Calle Barlovento 3
- Tramo 11, Calle Cabrestante (peatonal)
- Tramo 12, Calle Cabrestante

2.3.Cálculo de la intensidad media de precipitación “I_t”

I_t: Intensidad media de precipitación correspondiente en un período de retorno de 25 años y para un intervalo igual al tiempo de concentración T, en mm/h, que se determina mediante la siguiente expresión:

$$I_T = I_d \times \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{28^{0.1}-T^{0.1}}{28^{0.1}-1}}$$

Siendo I_d la intensidad media diaria de precipitación correspondiente al período de retorno, y se obtiene con la expresión:

$$I_d = \frac{P_d}{24} (mm/h) = \frac{160,27}{24} = 6.678 mm/h$$



Imagen 3. Mapa de isolíneas $\frac{I_1}{I_d}$

» Tiempo de concentración $T = 0,3 \left(\frac{L}{J^4}\right)^{0,76}$ (h)

Donde,

- » L: longitud del cauce principal (km)
- » J: pendiente del cauce principal (m/m)

Introduciendo la T en min y realizando la conversión de unidades conveniente, la intensidad media de precipitación queda del siguiente modo:

T=0,0833

$$I_t = I_d \div \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{28^{0.1}-T^{0.1}}{28^{0.1}-1}}$$

TRAMO	It(mm/h)
1	298,931453
2	298,931453
3	298,931453
4	298,931453
5	298,931453
6	298,931453
7	298,931453
8	298,931453
9	298,931453
10	298,931453
11	298,931453
12	298,931453

Tabla 2. It por tramos

2.4.Cálculo del área de la superficie drenada

En nuestro caso utilizaremos directamente el área de la superficie delimitada para cada tramo a dimensionar.

Colector	Superficie (m2)
1	929
2	749
3	3393
4	545
5	300
6	424
7	1053
8	670
9	1651
10	1156
11	1186
12	2091

Tabla3. Superficie del área drenada correspondiente a los tramos pavimentados

2.5.Cálculo del caudal de referencia Q

Llegados a este punto, ya es posible determinar el caudal de referencia Q

$$Q = CAI_T / 3000, \text{ l/s}$$

Recopilando cada uno de los parámetros ya calculados:

- » Coeficiente de escorrentía $C=0,9951$
- » Área de la superficie drenada "A"
- » Intensidad media de precipitación " I_t "
- »

Tanto el área como la intensidad media de precipitación se establecerán en distintas ramas que coincidirán con los viales.

El caudal de referencia Q para cada uno de los tramos es el siguiente:

Colector	Q(l/s)
1	92,1146777
2	74,2668392
3	336,431756
4	54,0392889
5	29,7463975
6	42,0415752
7	104,409855
8	66,4336212
9	163,704341
10	114,622785
11	117,597425
12	207,332391

Tabla 4. Caudal de referencia de cada tramo Q(l/s)

2.6.Diseño del drenaje

El pavimento es horizontal, por lo que no hay pendiente horizontal ($J=0$). Sin embargo, existen dos pendientes transversales diferentes a ambos lados de la línea de imbornales proyectada, sin embargo la anchura del área tributaria no es la misma y varía en función del

tramo. Para homogeneizar los cálculos realizaremos una media ponderada de las mismas, siendo finalmente la pendiente de 2%.

Para el cálculo se comienza suponiendo que la lámina de agua alcanza su anchura máxima admisible $b^*=\Delta b+b=30$ cm, determinando el correspondiente calado $H=H_0+\Delta H$ sobre la figura siguiente:

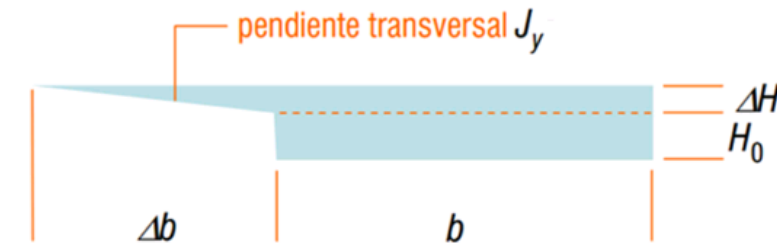


Imagen 4. Sección transversal

Donde $b=0,2$ m, $b^*=0,3$ m y suponemos $H_0=4$ cm. Por lo tanto:

$$b=0,2\text{m y } b^*=0,3\text{m} \longrightarrow \Delta b=b^*-b=0,1\text{m}$$

$$b^* = \Delta b + b = \Delta H / J_y + b, \text{ luego}$$

$$\Delta H = J_y (b^* - b) = 0,02 * 0,1 = 0,002 \text{ m}$$

Suponiendo un $H_0 = 4$ cm, se obtiene:

$$\gg H = H_0 + \Delta H = 0,04\text{m} + 0,002\text{m} = 0,042\text{m}$$

A continuación, ya es posible obtener el área de la sección del cauce "S", y el perímetro del cauce "p":

$$\gg S = b \times (H_0 + \Delta H) + \frac{\Delta H^2}{2 \times J_y} = 0,2 \times 0,042 + \frac{0,002^2}{2 \times 0,02} = 0,0085 \text{ m}^2$$

$$\gg p = b + 2 \times H_0 + \Delta b \left[J_y + (1 + J_y^2)^{0.5} \right] = 0,4 + 2 \times 0,04 + 0,1 [0,02 + (1 + 0,02^2)^{0.5}] = 0,38202\text{m}$$

Empleando la fórmula de Manning-Strickler, el caudal a desaguar por cada sumidero será:

$$q = K \times J_x^{\frac{1}{2}} \times S \times \left(\frac{S}{p} \right)^{\frac{2}{3}} \times 10^3$$

Donde k es el coeficiente de rugosidad y toma un valor de 65 para el revestimiento bituminoso.

Se calcula el caudal q para la pendiente longitudinal:

» $J_y=0,02 \longrightarrow q = 65 \times 0,02^{1/2} \times 0,0085 \times (0,0085/0,38202)^{2/3} \times 10^3 = 6.18115 \text{ l/s}$

Con esto, hallamos la velocidad del agua en el caz:

» $J_x=0,02 \longrightarrow v = \frac{q}{S} = \frac{6.18115 \text{ l/s}}{0,0085 \text{ m}^2} = 0,72719 \text{ m/s}$

La rejilla propuesta se ha extraído del catálogo GLS prefabricados. Se ha optado por la rejilla de tipo RCA20 o similares de la siguiente tabla:

La comprobación del sumidero, disponiendo las barras en el sentido de la corriente exige que cumpla:

Compatibilidad canal	Ref.	H	Long. ext. reja A	Long. ext. reja a	Paso libre	Sup. dm² absorción	Peso kg/u.	Clase
CA15CC	RCA15/400	2,3	50	15	10	3	8	D-400
CA20CC	RCA20	2,7	50	20	12	3,5	10	C-250
CA20CC	RCA20/400	2,7	50	20	12	3,5	14	D-400
CA20CC	RCA20	2,7	50	20,5	12	5,5	15	C-250

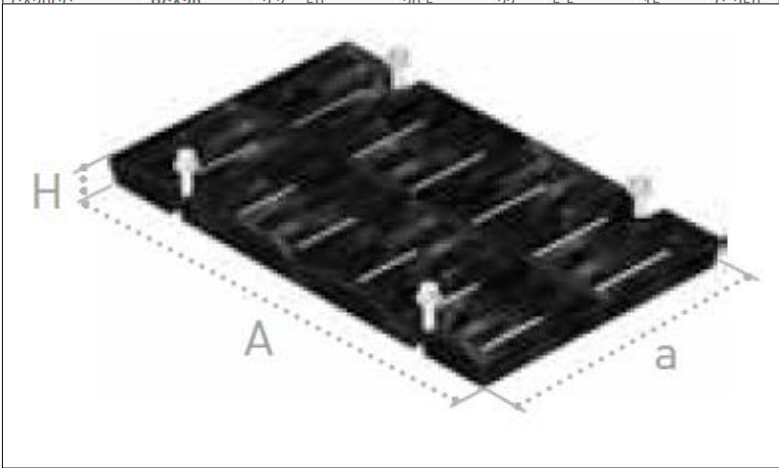


Imagen 5. Dimensiones de rejillas de evacuación de aguas pluviales

$$L_1 \geq 9(H + D)^{1/2}v$$

Donde,

- » L₁: longitud entre barras, en cm.
- » H: altura de la lámina de agua sobre las barras, en cm.

- » D: canto de una barra, en cm.
- » v: velocidad del agua en el caz, en m/s

Se realiza la comprobación para los tramos:

» $J_x=0,012 \longrightarrow L_1 \geq 9(4,2 + 5,3)^{0,5} \times 0,72719 = 20.1721 \text{ cm}$

Puesto que L₁= 32cm, la rejilla sí que cumple.

Finalmente se toma la decisión de colocar los imbornales cada 6 metros de manera homogénea a lo largo del trazado para dar continuidad al diseño y facilitar la construcción. Como en todos los tramos la separación máxima en todos los casos es mayor a 6, estaremos del lado de la seguridad. Finalmente el número de sumideros por tramo será de:

TRAMO	n1
1	15
2	11
3	32
4	9
5	7
6	15
7	12
8	10
9	22
10	17
11	15
12	22

Tabla 5. Número de sumideros por tramos, equidistantes 6 metros

3. Dimensionamiento hidráulico

Para el dimensionamiento hidráulico de un tramo de colector son necesarias tres operaciones: conocer el caudal de diseño, dimensionar el conducto para ese caudal y por último comprobar que las velocidades que circulan por el mismo son las adecuadas.

La comprobación de velocidad se realizará para la sección comercial realmente proyectada. En caso de no cumplirse la comprobación de velocidad, deberá tantearse otra solución para el tramo de colector.

Se adoptará como ecuación de pérdida de energía por rozamiento la obtenida a través de la fórmula de Manning. Por temas de coste, facilidad de construcción y conservación optamos por una tubería de P.V.C., la cual tiene un coeficiente de Manning $n=0,01$.

Para el diámetro de la tubería utilizaremos la hipótesis de flujo uniforme a sección llena y para tuberías circulares, cuyo diámetro nos viene dado por la siguiente ecuación:

$$D_d = 1,548 \times \left(\frac{n \times Q_d}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Siendo:

Q_d =Caudal de diseño (m³/s)

i =Pendiente del tramo en tanto por uno.

n =Coeficiente de Manning

Para nuestro caso, en secciones circulares se emplearán diámetros interiores comerciales iguales o superiores a D_{25}

$$D_d = 1,548 \times \left(\frac{0,010 \times Q_d}{\sqrt{0,012}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

TRAMO	Dd(mm)
1	108,779682
2	100,339649
3	176,811635
4	89,0616183
5	71,1971098
6	81,0595316
7	114,012517
8	96,2320959
9	134,957507
10	118,073131
11	119,21301
12	147,460145

Tabla 6 Diámetro nominal de los colectores

Sin embargo, para evitar obstrucciones y facilitar las labores de limpieza y mantenimiento, se establecen unos diámetros mínimos que hemos de cumplir.

Tipo de colector	Diámetro interior mínimo aproximado (mm)
Unitario	347
Pluviales	347
Residuales	347
Acometidas domiciliarias	272
Albañales	218

Tabla 7 Diámetro interior mínimo aproximado

Al ser nuestra red una de recogida de agua pluviales, el diámetro interior de las tuberías a colocar es de 347 mm, triplicando casi la totalidad de los descritos anteriormente.

3.1.Comprobación de la velocidad

Para evitar daños por fricción en las conducciones se limita la velocidad máxima en las mismas. Por otra parte, para evitar la sedimentación de los sólidos arrastrados en suspensión tanto por las aguas pluviales como residuales y las obstrucciones, se limita la velocidad mínima.

La comprobación de velocidad se realizará para la sección comercial realmente proyectada. En caso de no cumplirse la comprobación de velocidad deberá redimensionarse el tramo del colector.

Normalmente se produce el incumplimiento de las velocidades mínimas, para lo cual se dan las soluciones siguientes:

- Incrementar la pendiente y modificar el diámetro correspondiente. Elevaremos el arranque del colector o profundizaremos el final siempre y cuando haya cota suficiente.
- Cambiar el material y el diámetro, disminuyendo la rugosidad del tramo del colector.
- Modificar el tipo de sección para mejorar la velocidad del caudal de residuales y de pequeñas lluvias mediante canaleta central o sección tipo ovoide.
- Si no existiese solución por gravedad unitaria, se tantearía una red separativa por gravedad, elevando las aguas residuales si fuera necesario.
- En último extremo, se elevarían las aguas unitarias.

En caso de incumplir la limitación de velocidad máxima se procedería a utilizar una tubería de mayor rugosidad o disminuir la pendiente provocando caídas en los pozos de registro.

Se limita la velocidad máxima para el caudal de diseño Q₂₅. Para la velocidad mínima se utilizará el caudal correspondiente a una precipitación de 2 años de periodo de retorno.

Las velocidades extremas de los colectores unitarios son las siguientes:

Caudal	Velocidad máxima (m/s)	Velocidad mínima (m/s)
Q ₂₅	4	1,2

Tabla 8Intervalo de velocidades admisibles

Para colectores de pluviales o unitarios el caudal de diseño se corresponde con el caudal de pluviales asociado a 25 años de periodo de retorno Q₂₅.

3.2.Cálculo de la velocidad para colectores circulares.

La velocidad en un colector de tipo circular, basándose en la hipótesis de flujo uniforme y haciendo uso de la ecuación de pérdida de energía de Manning, se puede obtener en función de la pendiente, el diámetro y la rugosidad del colector.

$$V = \frac{8 \times Q}{D^2 \times (\theta - \sin \theta)}$$

Siendo:
Q = Caudal en m3/s.
D = Diámetro en m.
θ = Ángulo en radianes de la superficie mojada, que se obtiene a su vez resolviendo mediante algún método iterativo la ecuación:

$$(\theta - \sin \theta)^5 - \theta^2 \times \frac{8192}{D^8} \times \left(\frac{Q \times n}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0$$

n = Coeficiente de Manning
i = Pendiente en tanto por uno

Comenzamos la iteraciones con una pendiente inicial de 1.2%, un diámetro de 0.347. Como se observe a simple vista, una parte considerable de los tramos no cumplen con el requisito de velocidad mínima.

TRAMO	v(m/s)
1	1,17540704
2	1,01913232
3	1,77981189
4	0,92647477
5	0,77378263
6	1,19238312
7	1,97292086
8	0,98574925
9	1,28875303
10	2,11853065
11	1,16871512
12	2,18031219

Tabla 9 Velocidades para colectores circulares con pendiente 1.2

Por este motivo tomamos la decisión de aumentar la pendiente de los tramos incumplidores. La pendiente de los tramos 1, 2, 6 y 11 pasan de 1.2 a 1.5, mientras que los tramos 4, 5 y 8 adoptan la pendiente de 2.5. Así finalmente todos nuestros nuevos colectores se sitúan dentro del rango de velocidades permitidas.

TRAMO	v(m/s)
1	1,20230914
2	1,21873131
3	1,77981189
4	1,20279786
5	1,2182052
6	1,2897401
7	1,97292086
8	1,27428456
9	1,28875303
10	2,11853065
11	1,26407904
12	2,18031219

Tabla 10 Velocidades para colectores circulares con la pendiente modificada

4. Dimensionamiento mecánico

Una vez realizado el dimensionamiento hidráulico de nuestra red, es necesario un dimensionamiento mecánico de las materiales para su puesta en servicio.

4.1.Materiales y calidades a emplear en conductos enterrados

P.V.C. y polietileno de alta densidad corrugados (PEAD), los cuales se clasifican atendiendo a su rigidez circunferencial, medida según norma UNE-EN-ISO 9969.

- Baja rigidez circunferencial $SR < 4 \text{ kN/m}^2$
- Media rigidez circunferencial $4 \leq SR \leq 8 \text{ kN/m}^2$
- Alta rigidez circunferencial $SR \geq 8 \text{ kN/m}^2$

En nuestro caso será de $SR = 8 \text{ kN/m}^2$, o sea, de alta rigidez circunferencial.

4.2.Tipología de las zanjas

En el proyecto de colectores se realizará, zanjas C, especiales para redes de saneamiento con tuberías de PVC/PEAD de tamaños medios.

En esta tipología de zanja se dispondrán colectores de material plástico o sintético (PVC/PEAD) corrugados, con rigidez circunferencial de valor 8 kN/m^2 . Las uniones entre los distintos tramos de tubería se realizarán con enchufe campana y junta elástica.

De acuerdo con la ordenanza de saneamiento del Ayuntamiento de Valencia, el material de relleno que envuelve la tubería consistirá en arena, con un porcentaje de finos ($=0.06 \text{ mm}$) inferior al 5 %, compactada por inundación, o gravilla (árido calizo 19/25), hasta 30 cm por encima de la clave del colector.

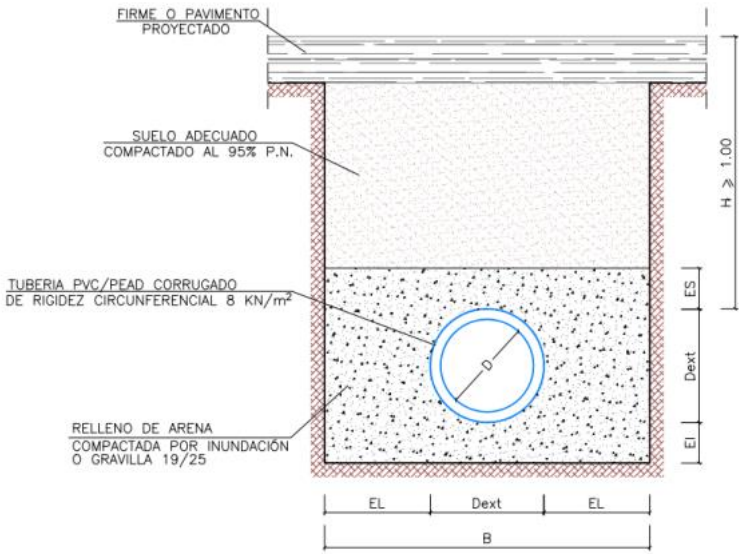


Imagen 6. Sección tipo zanja colector de aguas pluviales

Donde H la altura en metros desde la rasante de la calzada hasta la clave exterior de la conducción (recubrimiento) = 0,6 m. Esta altura debe ser igual o superior a un metro. B es el ancho de la zanja = 0,6 m- Dext el diámetro exterior de la conducción = 0,4 m

5. Características de los conductos

5.1. Tipos de conducciones

El Ayuntamiento de Valencia, a través del Ciclo Integral del Agua, normaliza mediante la presente normativa los siguientes tipos de conducciones circulares:

P.V.C. corrugado, con el marcado especificado en la norma prEN13476.

5.2. Diámetros

A efectos de las presentes normas y teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, tendremos los siguientes rangos de normalización de diámetros interiores de las conducciones, en este caso hemos decidido optar por un D.int de 347 mm, claramente superior al necesario, obtenido por cálculo, el material elegido finalmente será, P.V.C. corrugado con Dext igual a 400mm.

5.3. Juntas

Hay una amplia variedad de juntas a utilizar, en función del material del que sirvan de junta, se clasificaran en:

1. Enchufe campana armada con junta elástica. Horm. Armado.
2. Enchufe de campana con junta elástica y/o manguito externo (colectores). Esto es más indicado para Polietileno.
3. Junta siliconada o manguito interno. Para PVC sin rigidez estructural.
4. Enchufe de campana con junta elástica. PVC corrugado.

Finalmente la opción de elegida será el enchufe campana con junta elástica.